



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96102946.3

[43] 授权公告日 2003 年 4 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 1106747C

[22] 申请日 1996.3.13 [21] 申请号 96102946.3

[30] 优先权

[32] 1995. 3. 13 [33] JP [31] 052431/1995

[71] 专利权人 索尼公司

地址 日本东京

[72] 发明人 井上晃 西口正之

审查员 武 磊

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

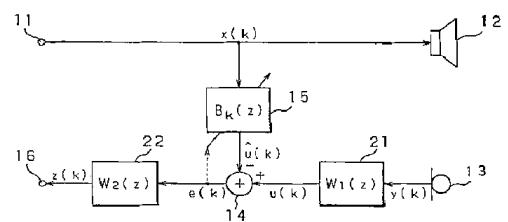
代理人 张志醒 王 岳

权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 10 页

[54] 发明名称 回声消除装置

[57] 摘要

一种减小扬声器回旋音对小尺寸发声通信终端(如便携式电话)话筒造成的回声的回声消除装置,包括:滤波装置,根据加到扬声器的发声信号,输出评估环绕话筒的回声分量的拟回声信号;减法器,用以将来自滤波装置的拟回声信号减去来自话筒的发声收集信号,和第一特性变换滤波装置,变换话筒的发声收集信号在频率轴线上的频率特性。其中滤波装置的特性受到控制,以便尽可能减小第一特性变换滤波装置的输出信号与滤波装置输出信号之间的误差分量。



ISSN 1008-4274

1. 一种回声消除装置,用以消除由发声装置发出的声音环绕设在该发声装置附近的发声收集装置而产生的回声,此回声消除装置包括:

滤波装置,用以根据供给所述发声装置的发声信号,输出一个评估环绕发声收集装置的回声分量的拟回声信号;

减法装置,用以将来自所述滤波装置的拟回声信号减去来自所述发声收集装置的发声收集信号; 以及

第一特性变换滤波装置,用以变换所述发声收集装置提供的发声收集信号在频率轴线上的频率特性。

2.如权利要求1所述的回声消除装置,其特征在于,其中所述的减法装置从所述第一特性变换滤波装置的输出信号中减去所提供的所述拟回声信号,该装置还包括:

第二特性变换滤波装置,用以变换所述减法装置输出信号在频率轴线上的频率特性,以消除由第一特性变换滤波装置过滤下来部分的特性。

3.如权利要求1所述的回声消除装置,其特征在于,该装置还包括第二特性变换滤波装置,用以变换所述滤波装置输出信号在频率轴线上的频率特性,第二特性变换滤波装置的输出信号当成拟回声信号加到所述减法装置上以便减去来自所述发声收集装置的发声收集信号。

4.如权利要求1所述的回声消除装置,其特征在于,所述第一特性变换滤波装置具有使输入信号在频率轴线上白噪声化的特性。

5.如权利要求1所述的回声消除装置,其特征在于,所述第一特性变换滤波装置是一个具有被适当更新的系数的适配滤波器。

6.如权利要求1所述的回声消除装置,其特征在于,所述第一特性变换滤波装置是一个具有固定系数的有限脉冲响应滤波器。

7.如权利要求1所述的回声消除装置,其特征在于,所述发声的声发生信号是由对编码的发声信号进行解码而产生的;并且所述第一特性变换滤波装置是一个具有这样滤波系数的滤波器,即其滤波系数是受用来对编码的发声信号进行解码的各特性参数中的声段参数控制的滤波系数。

8.如权利要求1所述的回声消除装置,其特征在于,所述输出拟回声信号的滤波装置的滤波系数是利用发声的声发生信号的平滑值加以评估和更新的。

回声消除装置

本发明涉及一种回声消除装置，具体说，涉及这样一种回声消除装置，该装置可减小由扬声器产生的回旋音造成的回声对小尺寸发声通信终端(例如便携式电话)话筒的影响。

为了减小发声通信终端(例如便携式电话)的尺寸，很难不考虑由接收扬声器发出的声音产生的回旋音造成的回声对发送话筒发出的声音的影响。为了消除发射机/接收机上产生的回旋音造成的回声，采用了例如图1所示的回声消除装置或回声消除器。

参看图1，端子11接收从一个通信对象传到扬声器12的扬声器输出信号 $x(k)$ ，其中 k 代表离散信号的取样数或时间位置。由话筒13收集的并进而变换成电信号的话筒输入信号 $y(k)$ ，连同来自滤波电路15的拟回声信号(pseudo echo signal)同时加到减法器14上。该减法器从话筒输入信号中减去所施加的拟回声信号，从而形成最终的回声减小了的信号或残留回声信号 $e(k)$ ，并加到输入端子16上。在便携式电话机中，扬声器12和话筒13通常象电话手机那样彼此靠得很近。

对于适配的滤波器15，采用了所谓有限响应(FIR)滤波器。其滤波系数或拍系数(tap coefficients)设定成能尽量减小误差信号 $e(k)$ 。适配滤波器15对作为扬声器输出信号 $x(k)$ 的输入信号进行滤波，用以评估回声信号以产生拟回声信号。该拟回声信号加到减法器14上，由减法器14从话筒输入信号 $y(k)$ 中减去拟回声信号，从而获得残留回声信号或误差信号 $e(k)$ 。

也就是，如果从端子11加入的作为扬声器输出信号 $x(k)$ 的输入

信号是输往作为适配滤波器 15 工作的 N - 拍 FIR 滤波器的拍输入, 且适配滤波器 15 的拍系数为 $b_k(i)$ (其中 $i = 0, 1, \dots, N-1$) 时, 则适配滤波器 15 输出的拟回声信号由下式给出:

$$\hat{y}(k) = \sum_{i=0}^{N-1} b_k(i)x(k-i) \quad \dots \dots (1)$$

减法器 14 从话筒输入信号 $y(k)$ 中减去由(1)式表示的拟回声信号, 得出残留回声信号或误差信号 $e(k)$:

$$e(k) = y(k) - \hat{y}(k) \quad \dots \dots (2)$$

用适当的算法, 例如最小均方(LMS)算法、学习识别法(learning identification method)或递归最小平方(RLS)法, 来更新适配滤波器 15 的拍系数 $\{b_k(i)\}$ (其中 $i = 1, 2, \dots, N-1$) 以尽量减小(2)式表示的误差信号 $e(k)$ 的功率的时间平均值, 亦即:

$$E = [\| e(k) \|^2]$$

其中 $E[]$ 是括号 $[]$ 内的值的期望值或平均值, 而 $\| e(k) \|^2$ 是 $e(k)$ 的平方和(square sum)。适配滤波器 15 的 N 个拍的拍系数相当于扬声器 12 和话筒 13 之间回声特性的评估值。

同时, 如果希望将拍数 N 减小到最小的可能值, 以简化结构, 该残留回声的频率特性最好留在低频范围, 尽管能利用适配滤波器 15 以高精度局部估计出回声特性, 这样就增大了有效消除来自发声输入信号(包括强的低频信号分量)的回声方面的困难。

图 2A 示出与 FIR 滤波器各拍相关的回声信号的脉冲响应曲线。与此对照, 图 2B 示出由 20-拍 FIR 适配滤波器评估的拟回声信号被减去后所获得的残留回声信号的脉冲响应曲线。从图 2A 和 2B 可看出, 相应于 20 个拍的残留回声信号的脉冲响应已被除去。

与图 2A 和 2B 相关, 图 3 示出了回声信号的频谱曲线 a 和减去由 20-拍 FIR 适配滤波器提供评估的回声信号后所产生的残留回波信

号的频谱曲线 b。

于是，尽管可看出回声特性能用 20-拍 FIR 适配滤波器作实质性评估，但残留回声特性的频率特性曲线(曲线 b)仍留在 500 赫芝至 1 千赫芝范围，该范围集中了发声信号能量的大部分。

因此，本发明的目的是要提供一种回声消除装置，该装置即使采用一个小拍数的 FIR 适配滤波器来评估回声信号，也可具有满意的回声消除特性。

按照本发明，提供了一种回声消除装置，用以消除由发声装置发出的声音环绕设在该发声装置附近的发声收集装置而产生的回声。此回声消除装置包括：滤波装置，用以根据供给发声装置的发声信号，输出一个评估环绕发声收集装置的回声分量的拟回声信号；减法装置，用以将来自所述滤波装置的拟回声信号减去来自所述发声收集装置的发声收集信号；以及第一特性变换滤波装置，用以变换发声收集装置提供的发声收集信号在频率轴线上的频率特性。控制滤波装置的特性，以尽量减小第一特性变换滤波装置输出信号和滤波装置输出信号之间的误差分量。

减法装置从第一特性变换滤波装置的输出信号中减去所提供的拟回声信号。在回声消除装置中还设有一个第二特性变换滤波装置，用以变换减法装置输出信号在频率轴线上的频率特性，以消除由第一特性变换滤波装置过滤下来部分的特性。

回声消除装置中的该第二特性变换滤波装置用以变换滤波装置输出信号在频率轴线上的频率特性。第二特性变换滤波装置的输出信号当成拟回声信号加到减法装置上以便减去来自发声收集装置的发声收集信号。

将来自滤波装置的拟回声信号减去从特性已变换过的相应于发声收集信号的信号，并且适当控制滤波装置的特性以尽量减小最终的误差分量，这样即使用较小拍数的滤波装置，也可以改善消除回声的特性。此外，与

常规的回声消除装置相比,只需要较小的处理量就足以达到消除回声的特性。

图 1 是常规回声消除装置结构的方框示意图。

图 2A 和 2B 是对评估回声的一个 FIR 适配滤波器的拍数作出响应的响应曲线。

图 3 是表示回声信号的频谱曲线和残留回声信号的频谱曲线的曲线图。

图 4 是本发明回声消除装置基本结构的方框示意图。

图 5 是本发明回声消除装置另一基本结构的方框示意图。

图 6 是一方框图,图中示出一个用作滤波器以变换本发明回声消除装置特性的 FIR 适配滤波器。

图 7 是一曲线图,图中示出用作滤波器以变换本发明回声消除装置特性的一个有固定系数的 FIR 滤波器的频率特性曲线。

图 8 是一方框图,图中示出用作滤波器以变换本发明回声消除装置特性的一个有固定系数的 FIR 滤波器。

图 9 是一方框图,图中示出用在发声编码系统解码器侧的本发明的回声消除装置。

图 10 是表示输入信号的间隔周期与滤波器拍数之间关系的曲线图。

图 11 是表示较小滤波器拍数情况下输入信号功率起伏的曲线图。

图 12 是表示回声消除量和滤波器拍数的曲线图。

以下参照各附图对本发明的一些较佳实施例进行详细说明。

图 4 示意性地示出本发明回声消除装置的一个实施例。作为从通信对象送到发声装置的扬声器 12 的发声信号的扬声器输出信号 $x(k)$ 加到端子 11 上。作为声收集装置的话筒 13 放在作为发声装置的扬声

器 12 附近, 话筒 13 收集的话筒输入信号 $y(k)$ 转换成电信号, 再由作为第一特性变换装置的特性变换滤波器 21 转换成信号 $u(k)$, 然后加到回波消除减法器 14 上。减法器 14 将适配滤波器 15 提供的拟回声信号减去, 从而形成回声减小了的信号或残留回声信号 $e(k)$ 。该信号被作为第二特性变换装置的特性变换滤波器 22 滤波, 从而形成信号 $z(k)$, 然后作为回声减小了的输出信号在端子 16 上输出。

本发明的回声消除装置可作为例如便携式电话的发声通信终端使用, 其中扬声器 12 和话筒 13 通常象便携式电话手机那样彼此靠得很近。

适配滤波器 15 例如可以是一个有限脉冲响应(FIR)滤波器, 其滤波系数或拍系数是用适当的方法以尽量减小误差信号 $e(k)$ 功率的时间平均值而选定的。适配滤波器 15 接收来自端子 11 的作为拍输入的扬声器输出信号 $x(k)$ 的输入信号, 并将评估来自特性变换滤波器 21 的信号 $u(k)$ 的拟回声信号输往减法器 14。

第一特性变换滤波器 21 将话筒输入信号 $y(k)$ 的输入信号特性在频率轴线上进行变换。作为示意性举例, 滤波器 21 最好具有使输入的发声信号在频率轴线上均衡化或白噪声化(whitening)的特性。虽然可以不用第二特性变换滤波器 22, 但如果要用, 该第二特性变换滤波器 22 最好具有消除由第一特性变换滤波器 21 过滤下来部分的特性。也就是说, 如果第一特性变换滤波器 21 和第二特性变换滤波器 22 的传递函数分别为 $W_1(z)$ 和 $W_2(z)$, 则这两个传递函数最好满足以下关系:

$$W_1(z) \times W_2(z) = 1$$

这两个滤波器可采用第一或较高级的数字滤波器。

以下参看图 5 进行说明, 该图的基本结构与图 4 稍有不同。

图 5 中, 作为从通信对象发出的发声信号的扬声器输出信号 $x(k)$

经端子 11 加到作为发声装置的扬声器 12 上。安排在作为发声装置的扬声器 12 附近作为声收集装置的话筒 13 收集的并随后变换成电信号的话筒输入信号 $y(k)$ 加到作为第一特性变换装置的一个特性变换滤波器 31 上，同时加到回声消除减法器 14 上。特性变换滤波器 31 对话筒输入信号 $y(k)$ 滤波而成为信号 $u(k)$ ，将该信号加到减法器 33 上，减法器 33 上同时加有来自适配滤波器 15 的适配滤波器输出信号，将该输出信号从信号 $u(k)$ 中减去，从而形成了误差信号 $e(k)$ 。该误差信号加到作为第二特性变换装置的特性变换滤波器 32 上，由滤波器 32 对其滤波从而形成拟回声信号，然后将该拟回声信号加到减法器 14 上。减法器 14 从话筒输入信号 $y(k)$ 中减去所加的拟回声信号，从而形成一个回声减小了的输出信号 $z(k)$ ，再从端子 16 上输出。

在用作例如便携式电话的发声通信终端一个例子的本回声消除装置中，扬声器 12 和话筒 13 通常象便携式电话手机那样彼此靠得很近。

适配滤波器 15 例如可以是一个有限脉冲响应(FIR)滤波器，其滤波系数或拍系数是用适当的方法以尽量减小误差信号 $e(k)$ 功率的时间平均值而选定的。适配滤波器 15 接收端子 11 上的作为拍输入的扬声器输出信号 $x(k)$ 的输入信号，并将评估来自特性变换滤波器 31 的信号 $u(k)$ 的拟回声信号输往减法器 33。

第一特性变换滤波器 31 将话筒输入信号 $y(k)$ 的输入信号特性在频率轴线上进行变换。作为示意性举例，滤波器 31 最好具有使输入的发声信号在频率轴线上均衡化或白噪声化的特性。虽然可以不用第二特性变换滤波器 32，但如果要用，该第二特性变换滤波器 32 最好具有消除由第一特性变换滤波器 31 过滤下来部分的特性。也就是说，如果第一特性变换滤波器 31 和第二特性变换滤波器 32 的传递函数分别为 $W_1(z)$ 和 $W_2(z)$ ，则这两个传递函数最好满足以下关系：

$$W_1(z) \times W_2(z) = 1$$

这两个滤波器可采用第一或较高级的数字滤波器。

在图 5 所示的基本结构中,与图 4 所示结构相当的处理方法是由不同于图 4 的信号流完成的。如果用数字信号处理器(DSP)来进行处理,则第一特性变换滤波器 31 的传递函数 $W_1(z)$ 的增益可以按常规方式来控制,以便有效地量度滤波系数而不会损害扬声器的发声对话筒处的谈话。

以下描述图 4 和图 5 中所示基本结构的几个示范性例子。尽管为了简化只描述了图 4 的基本结构,但应当注意,对于图 5 的基本结构,其情况也是相同的。

图 6 示出对图 4 所示第一特性滤波器 21 进行修改而成的一种滤波器,其中第一特性变换滤波器 21 的传递函数 $W_1(z)$ 的滤波系数已作过适当改变,使得滤波器能依据残留回声信号或误差信号 $e(k)$ 而作为反向滤波器或白噪声化滤波器工作。第二特性变换滤波器的传递函数 $W_2(z)$ 则设定为 $1/W_1(z)$ 。

图 6 中,来用有 N 个拍的 FIR 滤波器作为适配滤波器 15。如果拍系数表示为 $b_k(i)$, 其中 $i = 0, 1, \dots, N-1$, 则传递函数 $B_k(z)$ 可表示成

$$B_k(z) = \sum_{i=0}^{N-1} b_k(i) Z^{-i} \quad \dots \dots (3)$$

假设相当于图 4 的第一特性变换滤波器 21 的 M -拍适配滤波器 41 的传递函数 $W_1(z)$ 由下式给出

$$W_1(z) = 1 - A_k(z) = 1 - \sum_{i=1}^M a_k(i) Z^{-i} \quad \dots \dots (4)$$

在这种情况下,滤波器 42 是一个无限脉冲滤波器(IIR),其传递函数 $W_2(z)$ 相当于图 4 的第二特性变换滤波器 22 的传递函数 $W_2(z)$, 表示成:

$$W_2(z) = \frac{1}{1 - A_k(z)} = \frac{1}{1 - \sum_{i=0}^M a_k(i)Z^{-i}} \quad \dots\dots(5)$$

或者是, 滤波器 42 也可以与图 4 所示的滤波器结构相同, 因此其相应的部分标以相同的标号, 为简化起见对其不再重述。

在图 6 的实施例中, 由 FIR 适配滤波器 41 完成过滤, 从而得到信号 $u(k)$, 该信号由下列公式(6)表示:

$$u(k) = y(k) - \sum_{i=1}^M a_k(i)y(k-i) \quad \dots\dots(6)$$

另一方面, 适配滤波器 15 接收来自端子 11 的作为拍输入信号的输入信号的扬声器输出信号 $x(k)$, 然后发出由下式给出的一个适配滤波器输出信号:

$$\hat{u}(k) = y(k) - \sum_{i=1}^M b_k(i)x(k-i) \quad \dots\dots(7)$$

减法器 14 从上述来自 FIR 适配滤波器 41 的信号 $u(k)$ 中减去来自适配滤波器 15 的由公式(7)表示的适配滤波器输出信号, 于是得到如以下公式(8)所表示的误差信号 $e(k)$:

$$e(k) = u(k) - \hat{u}(k) \quad \dots\dots(8)$$

IIR 滤波器 42 对减法器 14 输出的误差信号 $e(k)$ 进行滤波, 从而得到由下式表示的回声减小了的输出信号 $z(k)$:

$$z(k) = e(k) + \sum_{i=1}^M a_k(i)e(k-i) \quad \dots\dots(9)$$

该信号 $z(k)$ 在端子 16 上输出。

在上述适当滤除的部分中, 适配滤波器 15 的拍系数 $\{b_k(i)\}$ (其中 $i=0,1,\dots,N-1$) 和 FIR 适配滤波器 41 的拍系数 $\{a_k(i)\}$ (其中 $i=0,1,\dots,M$), 利用适当的适配算法, 例如最小均方(LMS)算法或标准化了的 LMS 或递归最小平方算法(RLS), 分别被更新为 $\{b_{k+1}(i)\}$ 和 $\{a_{k+1}(i)\}$, 以尽量减小从减法器 14 来的误差信号 $e(k)$ 功率的时间平均值, 该平均值由下式

给出:

$$E[\|e(k)\|^2]$$

其中 $E[\]$ 表示括号 $[\]$ 内值的平均值的期望值, 而 $\|e(k)\|^2$ 为 $e(k)$ 的平方和。与 FIR 适配滤波器 41 的拍系数的更新相关, 前述公式(5)中表示的 IIR 滤波器 42 的系数 $\{a_k(i)\}$ 也要更新成 $\{a_{k+1}(i)\}$ 。

在图 6 所示的实施例中, 即使适配滤波器 15 的拍数很小, 也能达到极佳的回声消除特性, 而且仅在很小程度上要增加一些处理量。

可以用一些固定系数的滤波器来代替用来作特性变换的可变系数的滤波器如 FIR 适配滤波器 41 或 IIR 滤波器 42。

图 7 示出用作第一特性变换装置 FIR 滤波器频率特性的一个例子, 而图 8 示出采用了固定系数的特性变换滤波器的回声消除装置的基本结构。也就是, 用作图 8 所示第一特性变换装置的有固定系数的 FIR 滤波器 51 的典型频率特性示于图 7 上。

图 8 中, 涉及残留回声信号或误差信号 $e(k)$ 而作为反向滤波器或白噪声化滤波器工作的 FIR 滤波器 51 是作为与图 1 中的第一特性变换滤波器 21 相当的滤波器而使用的。

在图 8 中, 一个 N-拍 FIR 滤波器作为适配滤波器 15 使用。如果该 N-拍 FIR 滤波器的拍系数以 $b_k(i)$ 表示, 其中 $i=0,1,\dots,N-1$, 则其传递函数 $B_k(z)$ 可由下式给出:

$$B_k(z) = \sum_{i=0}^{N-1} b_k(i)z^{-i} \quad \dots \dots (10)$$

另一方面, 假定相当于图 4 的第一特性变换滤波器 21 的例如 M-拍 FIR 滤波器 51 的传递函数 $W_1(z)$ 可表示成。

$$W_1(z) = 1 - A_k(z) = 1 - \sum_{i=1}^M a_k(i)z^{-i} \quad \dots \dots (11)$$

在这种情况下, 有相当于图 4 的第二特性变换滤波器 22 的传递函数 $W_2(z)$ 的滤波器 52 是一个 IIR 滤波器, 其传递函数 $W_2(z)$ 由下式给出:

$$W_2(z) = \frac{1}{1 - A_k(z)} = \frac{1}{1 - \sum_{i=1}^M a_k(i)Z^{-i}} \quad \dots\dots(12)$$

由于滤波器的其他结构与图4或图6中所示的相同,故其相应的部分以相同的标号表示,为简化起见,其相应的说明省略。

从上述公式(11)表示的 $\{1-A(z)\}$ 的频率特性可看出,采用这种特性可减小低区侧的能量而增强高区侧的能量,如图7所示。

在图8所示的实施例中,用FIR适配滤波器41对来自话筒13的话筒输入信号 $y(k)$ 滤波,从而得到由以下公式(13)所表示的信号 $u(k)$:

$$u(k) = y(k) - \sum_{i=1}^M a_k(i)y(k-i) \quad \dots\dots(13)$$

另一方面,适配滤波器15接收端子11上的作为拍输入信号的输入信号的扬声器输出信号,然后发出由下式给出的一个适配滤波器输出信号:

$$\hat{u}(k) = \sum_{i=0}^{N-1} b_k(i)x(k-i) \quad \dots\dots(14)$$

减法器14从上述来自FIR适配滤波器51的信号 $u(k)$ 中减去来自适配滤波器15的由公式(14)表示的适配滤波器输出信号,于是得到如下公式(15)所表示的误差信号 $e(k)$:

$$e(k) = u(k) - \hat{u}(k) \quad \dots\dots(15)$$

上述IIR滤波器42对误差信号 $e(k)$ 进行滤波,从而得到由下式表示的回声减小了的输出信号 $z(k)$:

$$z(k) = e(k) + \sum_{i=1}^M a_k(i)e(k-i) \quad \dots\dots(16)$$

象在图6所示实施例中那样,适配滤波器15的拍系数 $\{b_k(i)\}$ 也是用适当的适配算法来更新的,以尽可能减小误差信号 $e(k)$ 功率的时间平均值。

与图6所示的实施例相比,对于图8的实施例,其结构更简化,

处理量可减少，许多相应于特性变换滤波器的适配处理工作可省略。

接着，在一个采用了发声编码系统的系统中，可根据若干发声编码参数来确定特性变换滤波器的系数。

图 9 示出用在发声编码系统的解码侧的回声消除装置的一个示意性实施例。

图 9 中，滤波器 61 和 62 分别相当于图 1 中的第一特性变换滤波器 21 和第二特性变换滤波器 22。

发声特性参数及由编码器编码和发出的、而由接收机接收的编码的发声信号加到一输入端子 63 上。发声解码器 64 对这些编码的发声信号进行解码，从而形成作为发出声音的信号或发声信号的扬声器输出信号 $x(k)$ 而送到作为发声装置的扬声器 12 中。

由输入端子 63 来的发声特性参数，例如声段(vocal tract)参数或 VSELP 的 α -参数，送入一个参数变换器 65 中，该变换器将其变换成特性变换滤波器 61 和 62 的滤波系数，以便更新滤波器 61 和 62 的滤波系数。相当于第一特性变换滤波器的滤波器 61 的系数被变换成为能产生使输入信号白噪声化的白噪声化滤波系数。另一方面，滤波器 62 的系数则被变换成能产生相反滤波特性的系数。

滤波器 61 对来自话筒 13 的话筒输入信号 $y(k)$ 进行滤波，从而获得由以下公式(17)所表示的信号 $u(k)$ ：

$$u(k) = y(k) - \sum_{i=1}^M a_k(i)y(k-i) \quad \dots \dots (17)$$

适配滤波器 15 接收来自发声解码器 64 的扬声器输出信号 $x(k)$ 作为拍输入信号，从而产生一个由下式表示的适配滤波器输出：

$$\hat{u}(k) = \sum_{i=0}^{N-1} b_k(i)x(k-i) \quad \dots \dots (18)$$

减法器 14 从来自 FIR 适配滤波器 61 的信号 $u(k)$ 中减去上述适配滤波器输出，从而得到以下公式(19)表示的误差信号：

$$e(k) = u(k) - \hat{u}(k) \quad \dots\dots(19)$$

滤波器 62 对减法器 14 输出的误差信号 $e(k)$ 进行滤波, 从而得到由下式表示的误差减小了的信号 $z(k)$:

$$z(k) = e(k) + \sum_{i=0}^M a_k(i)e(k-i) \quad \dots\dots(20)$$

该信号在端子 16 上输出。

在适配滤波器 15 中, 可用任何适当的适配算法进行适配处理而更新拍系数 $\{b_k(i)\}$, 以尽量减小来自减法器 14 的误差信号 $e(k)$ 功率的时间平均值。另一方面, 利用参数变换器 65 将滤波器 61 和 62 的滤波系数变换和更新成其白噪声化滤波器或反向滤波器的滤波系数。

以下将描述供适配滤波器 15 用的、用于在图 4 至图 9 所示各实施例中进行回声评估的、采用适当算法中的学习识别法或标准化之后的 LMS 法(最小均方法)的一个示意性实施例。

在此示意性的实施例中, 采用平滑后的输入信号功率值作为供学习识别法的拍系数或滤波系数用的方程的拍输入信号功率, 以便即使在其拍数小于发声间隔周期情况下也能产生回声消除特性。

也就是, 在图 8 所示的示意性实施例中, 如果采用通常的学习识别法作为适配滤波器 15 的 N-拍 FIR 适配滤波器的拍系数适配算法, 则更新 N 拍系数 $b_k(i)$ 成为 $b_{k+1}(i)$:

$$b_{k+1}(i) = b_k + \frac{\mu e(k) x(k-i)}{\sum_{i=0}^{N-1} x(k-i)^2} \quad \dots\dots(21)$$

其中 $i = 0, 1, \dots, N-1$

和

$$\sum_{i=0}^{N-1} x(k-i)^2 = \sum_{i=0}^{N-1} x(k-i)^2 \quad \dots\dots(22)$$

其中 μ 是作为步增参数的一个常数。

但是, 如果 FIR 适配滤波器的拍长 N 短于发声间隔周期, 如图 10 所示, 则公式(21)中的分母, 也就是由公式(22)计算出的拍输入信号功率或平方和, 实际上是起伏的, 如图 11 所示。例如, 作为图 10 的相应于拍长范围 a 中功率的平方和较大, 而范围 b 中的功率较小。如果输入信号功率或平方和以这种方式起伏, 则由公式(21)更新的拍系数也起伏, 这样有时也不能产生稳定的回声消除或抑制特性。于是, 作为由公式(22)计算出的输入信号功率或平方和的公式(21)中的分母, 应利用以适当的方法进行平滑后的功率值, 即输入信号功率的平滑值 $P_x(k)$, 来代替, 以实现稳定的回声消除或得到稳定的抑制特性。

如果采用这种平滑的输入信号功率值 $P_x(k)$, 则可按以下公式(23)实现拍系数的更新:

$$b_{k+1}(i) = b_k + \frac{\varepsilon \Delta(k) x(k-i)}{P_x(k)}, \quad i = 0, 1, \dots, N-1 \quad \dots \dots (23)$$

计算公式(23)中输入信号功率平滑值 $P_x(k)$ 方法的一个示意性例子是要求出明显大于拍数 N 的取样数 L 的平方和值, 以便求出 N 个取样范围的标称值, 也就是执行下式所示的计算:

$$P_x(k) = \frac{N}{L} \sum_{i=0}^{L-1} \varepsilon \square x(k-i) \varepsilon \square^2 \quad \dots \dots (24)$$

计算平滑输入信号功率 $P_x(k)$ 的另一种方法是利用大于输入信号间隔周期的一个时间常数来进行平滑, 也就是执行下式所示的计算:

$$P_x(k) = \lambda P_x(k-1) + (1-\lambda) \varepsilon \square x(k) \varepsilon \square^2 \quad \dots \dots (25)$$

公式(25)中, λ 是一个在 $0 < \lambda < 1$ 范围的常数, 其相应的时间常数为 $1/(1-\lambda)$ 。

借助于平滑功率, 即平滑输入信号功率 $P_x(k)$, 可以抑制滤波系数

或拍系数的变化，从而可得到稳定的回声消除或抑制特性。

参看图 12，若采用上述示意性实施例的结构，则其回声消除特性可说明如下。

在图 12 的图线中，横轴为适配滤波器 15 的 FIR 滤波器的拍数，而纵轴为回声消除量 ERLE。该回声消除量由下述公式(26)限定：

$$\text{回声消除量(ERLE)} = \frac{\text{回声消除器输出电压的时间平均值}}{\text{话筒输入电压的时间平均值}}$$

公式(26)中的回声消除器输出电压代表在端子 16 上取出的信号 $Z(k)$ 的功率大小，而话筒输入电压代表来自话筒 13 的话筒输入信号 $y(k)$ 的功率大小。

在图 12 中，曲线 a 代表如果采用特性变换滤波器的 FIR 滤波器 51，例如波数 M 等于 12 的固定系数滤波器，和作为其反向滤波器起作用的滤波器 52 时的回声消除量；而曲线 b 代表如果采用无滤波器 51 和 52 的常规结构时的回声消除量。

由图 12 可见，对于相应于较小的适配滤波器 15 的拍数范围，通过加入特性变换滤波器 51 和 52，可以显著改善回声消除特性。并且只要较小的处理量就足够了。也就是，即使加入了特性变换滤波器，只要适配滤波器 15 的波数小于几十，即小于没有特性变换滤波器的常规回声消除装置中的波数时，只需要较小的处理量就足够了。

于是，对于 FIR 适配滤波器的较小拍数，可以得到较高程度的回声消除特性，而为了得到这类回声消除装置应有的回声消除特性所需要的处理量却可以减少。

本发明不限于上述实施例。例如，尽管在图 6 至 9 的示意性实施例中使用了图 1 的基本结构，然而也可以按类似的方法使用图 5 的基本结构。另外，除了用于便携式电话机外，本发明还可用于各种发声

通信终端上。发声装置或发声收集装置也不限于扬声器或话筒。再有，不仅可以用学习识别法，而且可以用各种其他的适当算法来评估FIR适配滤波器的滤波系数。

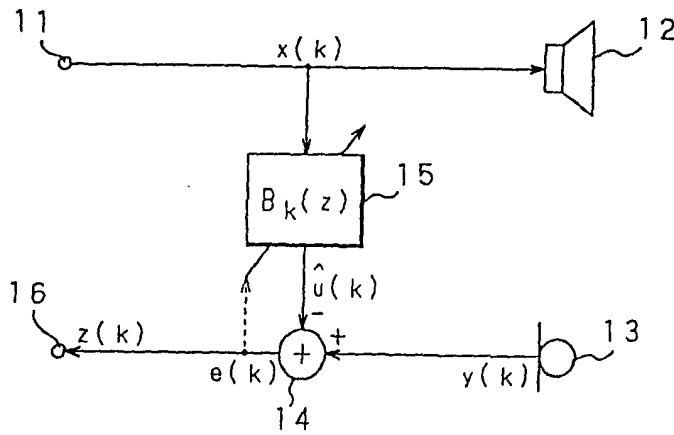


图 1

图 2A

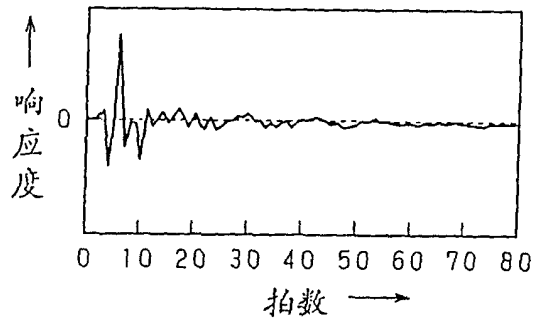
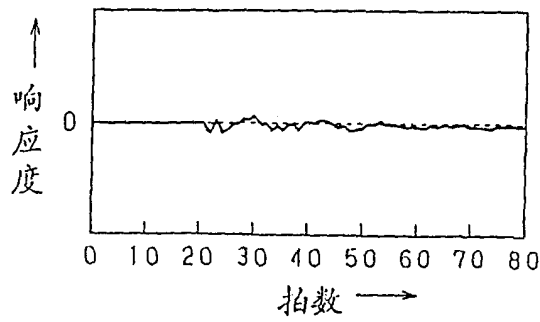


图 2B



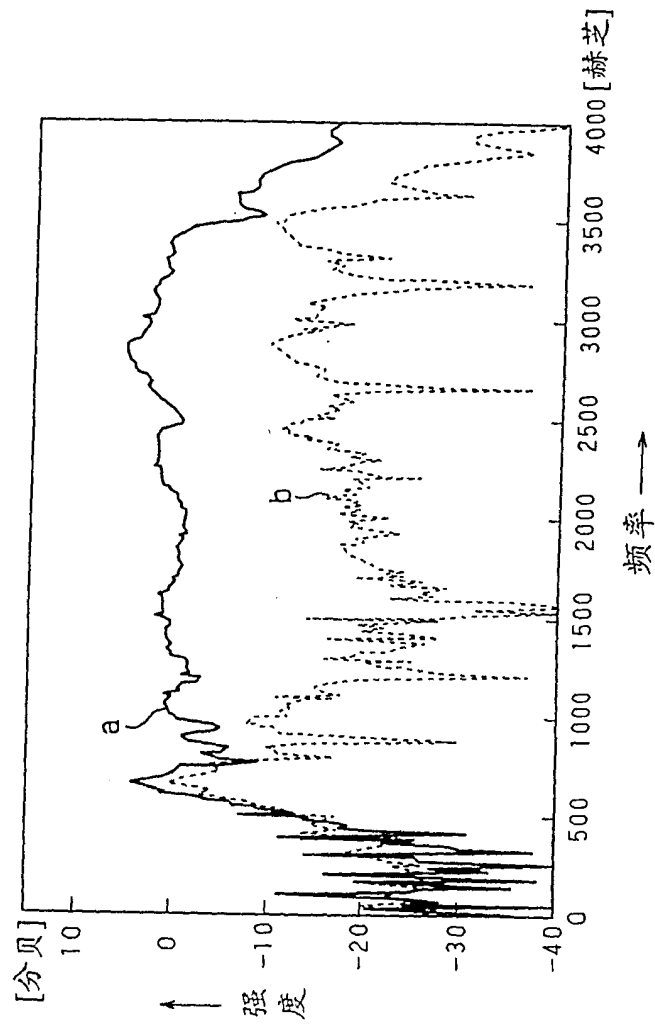


图 3

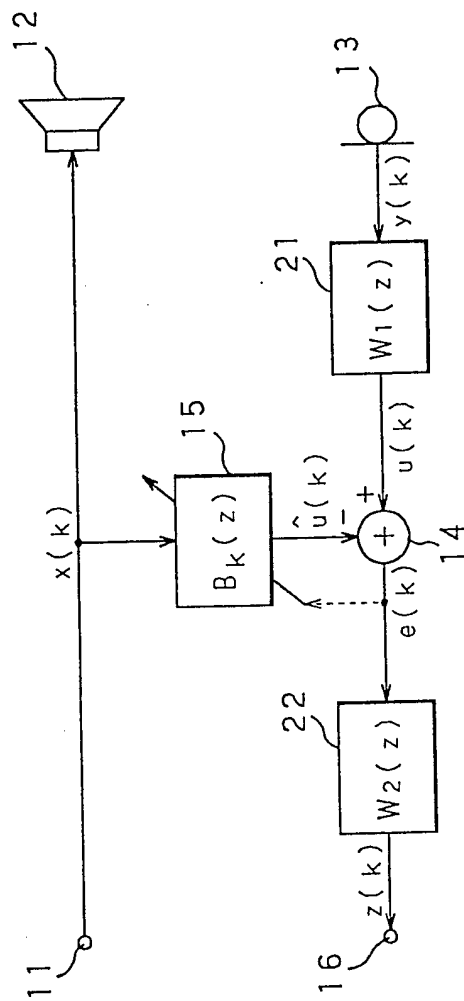


图 4

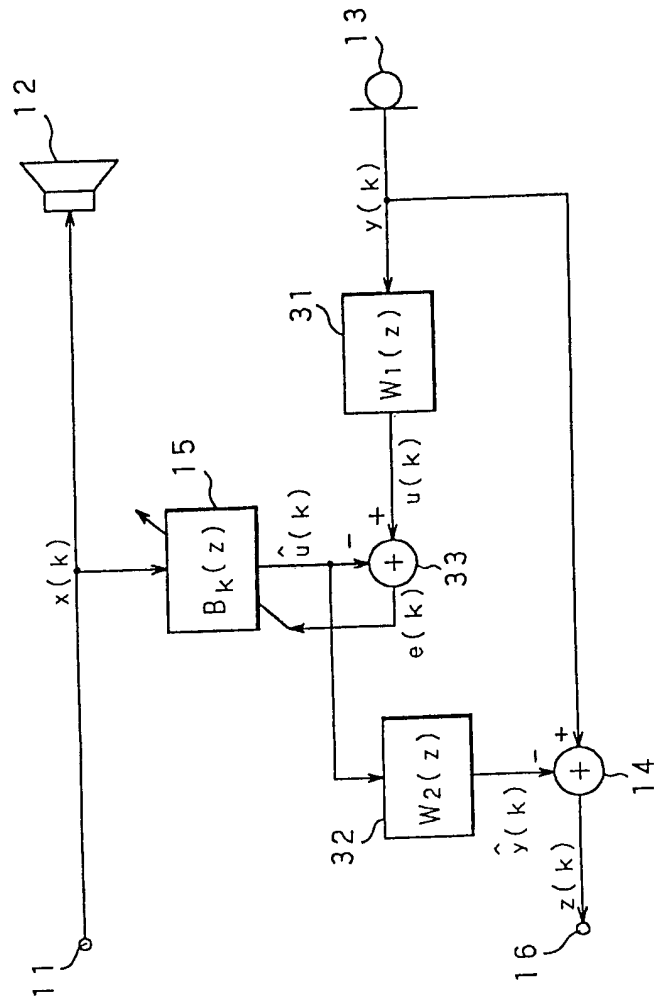


图 5

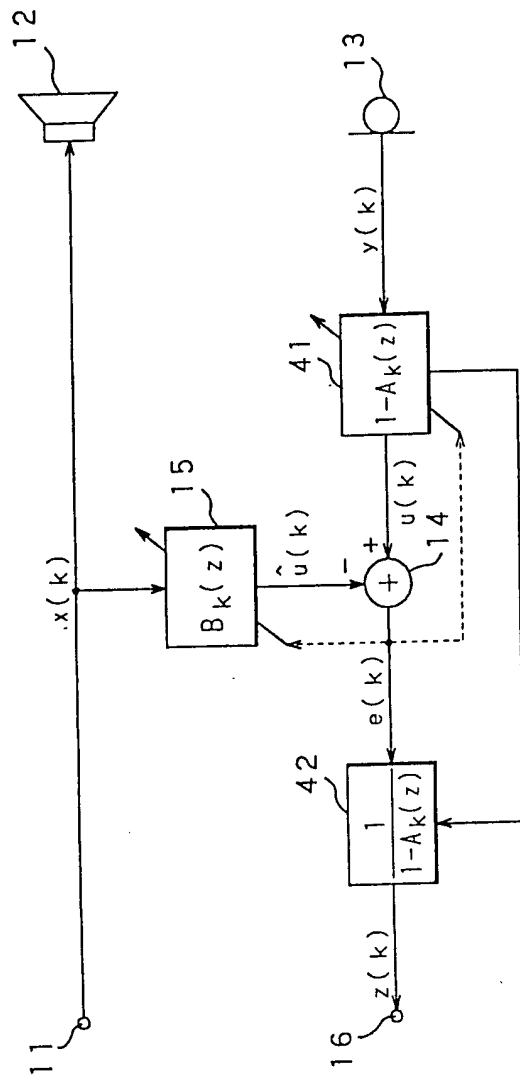


图 6

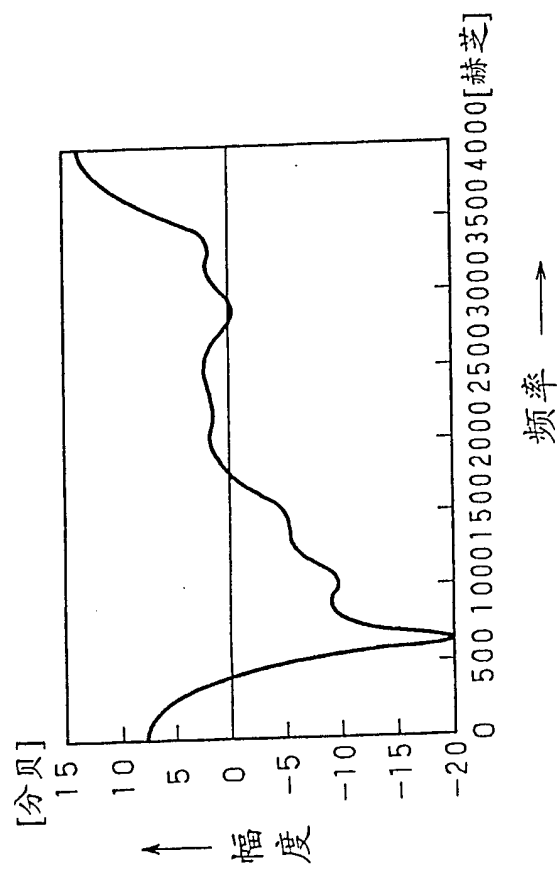


图 7

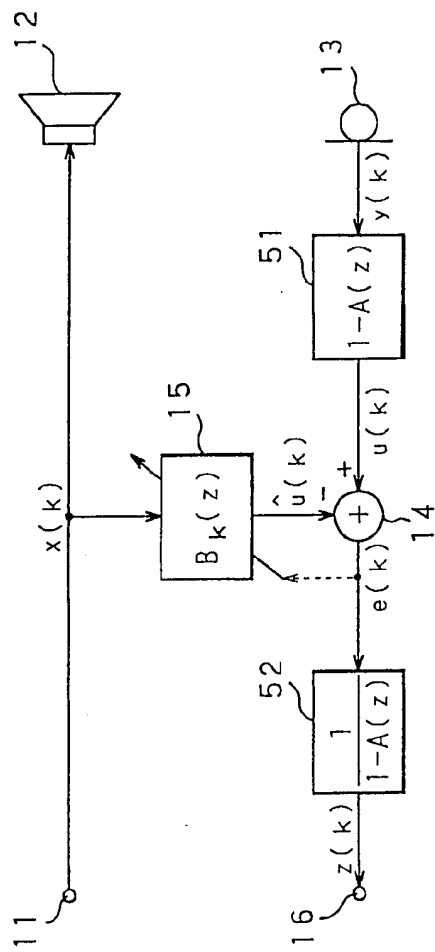


图 8

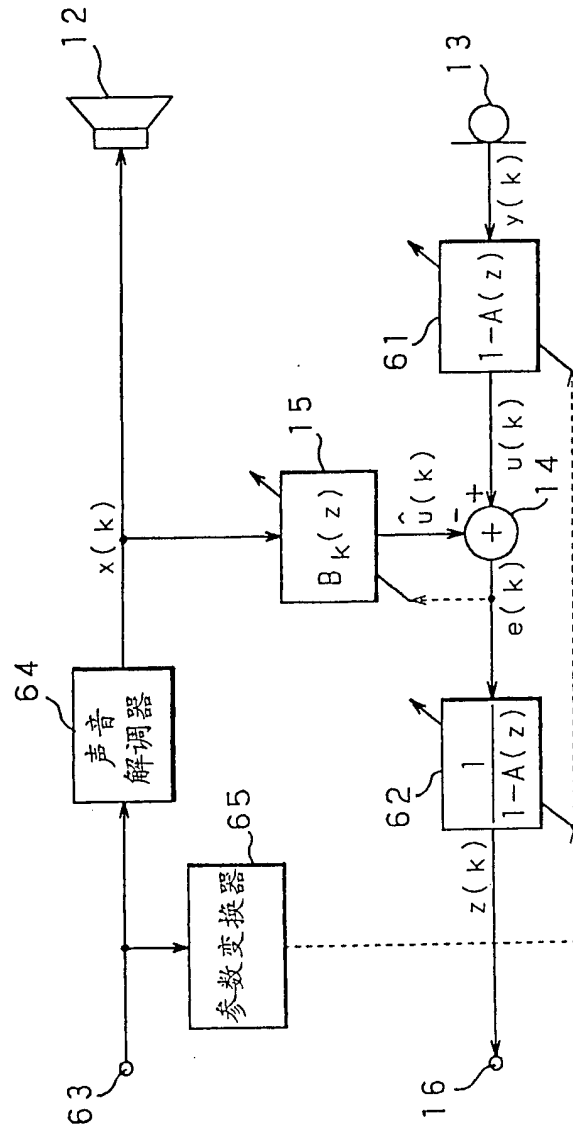


图 9

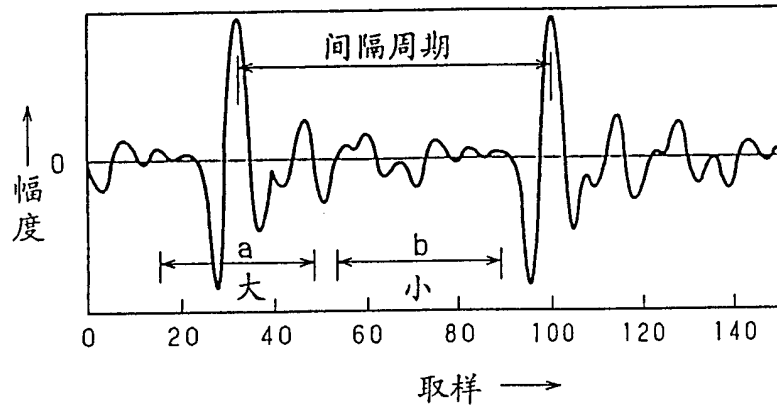


图 10

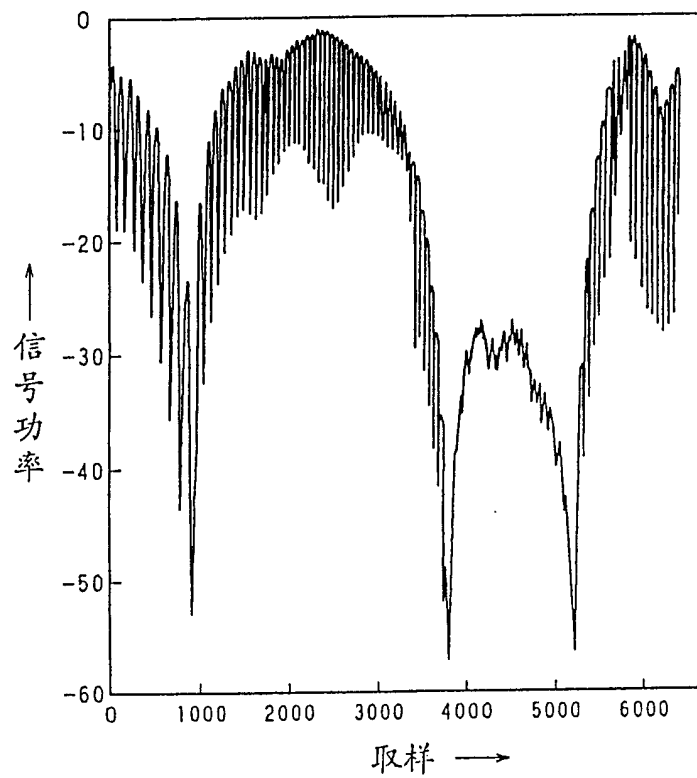


图 11

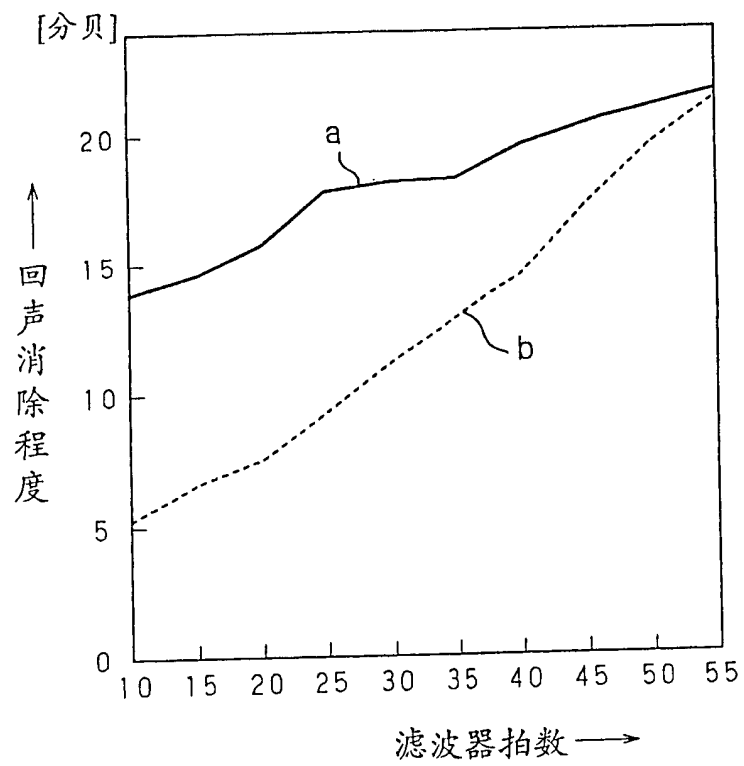


图 12